

ace
17/9/2014.

REDESAIN KIPAS ANGIN DENGAN KONSEP MODULARITY - MULTIFUNGSI UNTUK MEREDUKSI LIMBAH

Christopher Wimba¹⁾, Sri Hartini²⁾

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof.H. Soedarto, S.H Tembalang-Semarang, Kode Pos 50275

Email: christopher.wimba@gmail.com¹⁾; ninikhidayat@yahoo.com²⁾

ABSTRAK

Desain Produk yang berkelanjutan merupakan salah satu kunci dalam upaya Sustainable development karena dapat memperpanjang umur produk tersebut serta mengurangi dampak limbah di landfill. Dengan mendesain ulang produk kipas angin menggunakan konsep modularity dan Design Structure Matrix (DSM) untuk melihat keterkaitan antar komponen, mampu mencegah timbulnya limbah dari keseluruhan kipas menjadi bagian kumparan pada dinamonya saja. Dengan menambah fitur multifungsi obat nyamuk elektrik, pengharum ruangan, aki penyimpan daya, serta lampu emergency akan menambah fungsi dari kipas angin, serta mereduksi komponen dan potensi limbah yang terbentuk. Maka dengan konsep modularity – multifungsi ini mampu menunjang sustainable product design dalam mereduksi limbah pada produk kipas angin.

Kata Kunci : *Design Structure Matrix, Modularity, Redesign, Sustainable Product Design*

ABSTRACT

Sustainable Product Design is a part of key to make efforts for sustainable development, because with it can make life time of the product longer while reduce the landfill waste. By means of product redesign using modularity concept, and Design Structure Matrix (DSM) as tools to look the matrix of relationship between product components are able prevent to arise of waste from overall units of fan become just a part of coil in the fan dynamo. With adding any multifunction future like insect repellent, air freshener, battery storages, and emergency lamp will increase the function of the fan along reduce component and waste potention. Accordingly with this modularity - multifunction concept will be able to support sustainable product design to reduce waste of fan product.

Key Word : *Design Structure Matrix, Modularity, Redesign, Sustainable Product Design*

I. PENDAHULUAN

Tingkat ketergantungan masyarakat yang tinggi akan barang-barang elektronik membuat perkembangan dunia elektronik berlangsung sangat cepat. Hanya dalam hitungan tahun, bahkan bulan, muncul berbagai jenis dan model barang-barang elektronik baru yang menawarkan fitur yang lebih modern dan memanjakan penggunaannya. Daya tarik yang luar biasa dari barang elektronik yang lebih baru ini membuat masyarakat sangat mudah tergiur sehingga masyarakat berusaha untuk selalu *up-to-date* dengan perkembangan barang elektronik tersebut. Bahkan sebagian masyarakat tidak ragu untuk membeli perangkat elektronik yang baru walaupun perangkat elektronik lamanya masih berfungsi dengan optimal. Sifat konsumerisme ini memunculkan dampak yang cukup besar, penumpukan sampah elektronik.

Sampah elektronik merupakan bahaya yang paling mengancam kelangsungan hidup di planet bumi setelah masalah pemanasan global. Peneliti menaksir bahwa 50 juta ton sampah elektronik yang dihasilkan setiap tahun di bumi ini, dan hanya sekitar kurang dari 10 persennya saja yang di recycle. Jika ini terus menerus dibiarkan terjadi tanpa adanya tindakan yang dapat mencegahnya, Maka sampah elektronik bisa menjadi ancaman bagi kelestarian lingkungan hidup bumi kita. (Olowu, 2012).

Kipas angin, merupakan peralatan elektronik yang sederhana, namun dibutuhkan oleh semua kalangan masyarakat Indonesia. Dengan iklim tropis Indonesia yang dilalui garis khatulistiwa menyebabkan Indonesia mempunyai suhu yang cukup tinggi, sehingga sangat diperlukan alat penyejuk ruangan. Kipas angin digunakan semua golongan, baik menengah ke atas maupun menengah ke bawah karena harganya yang tidak terlalu mahal. Dari 64 responden kuesioner pendahuluan didapat bahwa semuanya menggunakan kipas angin, baik di rumah ataupun di tempat kos mereka. Sebagian besar responden lebih memilih untuk memperbaiki kipas anginnya ke tukang servis apabila kipas

angin mengalami disfungsi atau rusak (67%), dan untuk komponen yang sering rusak adalah komponen elektronik dan dinamo (92%) dan lainnya (8%)

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk membuat alternatif konsep desain kipas angin. Munir, 2012, melakukan penelitian dengan alternatif desain multifungsi dengan alternatif ultrasonic, elemen pemanas, serta penyengat. Untuk alternatif fungsi lain seperti *emergency lamp* serta, obat nyamuk elektrik, serta baterai cadangan belum ada. Fitur ini akan sangat berguna apabila terjadi mati lampu kipas angin akan masih tetap bisa berputar, dan di malam hari bisa dinyalakan fungsinya sebagai *emergency lamp* beserta obat nyamuk elektrik bila diperlukan. Dari hasil kuesioner pendahuluan didapatkan 48% memilih fitur multi fungsi lampu emergency, 39% memilih obat nyamuk elektrik, dan 13% memilih lainnya.

Untuk itu, perlu dilakukan penelitian pada kipas angin untuk mendesain kipas angin dengan konsep modular terutama pada bagian elektroniknya sehingga menyebabkan produk kipas angin user friendly, mudah diperbaiki sendiri tanpa ke tukang servis serta mudah mendapatkan modul yang dibutuhkan tanpa harus membeli baru produk kipas angin. Penambahan fitur multifungsi yang dibutuhkan seperti lampu emergency, obat nyamuk elektrik, serta potensi penyimpan energi juga ditambahkan untuk menambah nilai desain dari kipas angin nantinya.

Hal ini dapat membantu mengurangi potensi merebahnya sampah elektronik. Konsep modular terbukti mempunyai banyak keuntungan. Dengan diketahuinya prioritas kebutuhan konsumen dilakukan pengembangan desain produk tersebut dengan konsep modular. Dengan ini, pengembangan produk bisa lebih menghemat waktu dan biaya. Misalnya meja komputer yang didesain dengan konsep modular dapat dibentuk sesuai dengan modul yang diinginkan. Pengembangan dapat dilakukan pada beberapa modul yang perlu dilakukan penyesuaian atau perubahan, bukan pada keseluruhan komponen

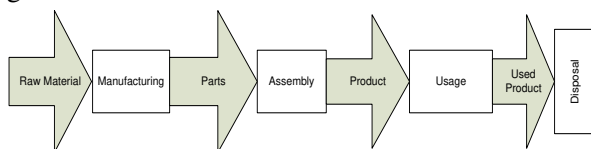
produk. (Nurchayanie, 2010). Modularity bisa mereduksi jumlah komponen (Algeddawy, 2013), dan juga mampu mengurangi dampak lingkungan (Newcomb, et al, 1996). “Fleksibilitas, modularitas dan adabtabilitas dalam desain menghasilkan kebebasan melakukan penyesuaian dan perubahan (Shah, 1996).

II. DASAR TEORI

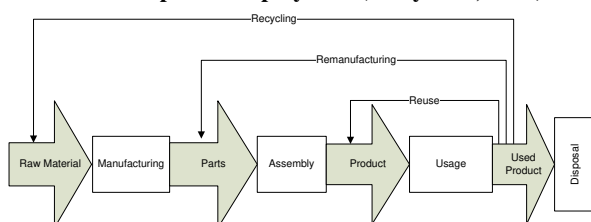
Sustainability Product Design

Dalam perkembangan *sustainable*, salah satu upaya yang mendukung adalah dengan mendesain produk yang *sustainable*. Dengan melakukan tindakan terhadap desain yang *sustainable*, karena desain produk merupakan salah satu faktor yang paling penting dalam mempengaruhi *sustainability* global, karena hampir semua produk yang dikonsumsi merupakan output dari proses pengembangan produk (Ramani, 2010).

Menurut Anityasari, 2008, saat ini desain produk yang hanya memiliki *open - loop* sudah tidak lagi berguna di saat sekarang ini, karena dengan hanya memiliki *open - loop* hanya akan menambah kerusakan pada lingkungan. Untuk itu perlu dikembangkan pendekatan sistem *closed - loop* dari desain produk saat ini untuk mendukung meningkatkan kualitas lingkungan dan ekonomi. Dengan *closed - loop*, limbah disposal yang dihasilkan semakin sedikit, karena pada produk tersebut diberlakukan reuse, remanufacture, dan recycling. Contoh Open dan Closed Loop System ada pada gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Open – Loop System (Anityasari, 2008)



Gambar 2. Closed – Loop System (Anityasari, 2008)

Desain Modular

Desain modular merupakan suatu desain yang membagi komponen komponen penyusun produk pada beberapa modul yang berkaitan (Ulrich, 1995). Modularitas merupakan karakteristik yang terpenting dalam arsitektur produk. Arsitektur produk adalah penugasan elemen – elemen fungsional dari produk terhadap *physical building blocks*. Dengan konsep desain modular ini dapat mempermudah apabila terjadi perubahan desain produk secara keseluruhan, karena dengan tiap modul yang independen, sehingga apabila terjadi perubahan desain secara keseluruhan, tidak perlu mengganti inti desain pada tiap modul.

Menurut Cabigiosu (2012), terdapat tiga fitur utama dari modul, yaitu:

- Modul bersifat separable dari keseluruhan produk.
- Modul bersifat isolable karena mempunyai fungsi sendiri.
- Modul bersifat re-combinable dengan komponen lain.

Menurut Ulrich (1995), arsitektur modular terdiri dari tiga tipe, yaitu slot, bus, dan seksional. Untuk tipe slot, masing-masing penghubung antar modul mempunyai tipe berbeda dengan modul yang lain, sehingga beberapa modul tidak dapat ditukarkan posisinya. Untuk tipe bus, modul yang berbeda dapat dihubungkan ke produk melalui hubungan yang sama, sehingga memungkinkan apabila lokasi modul dipindah posisi. Untuk tipe seksional, semua penghubung mempunyai tipe yang sama. Rakitan dibuat dengan menghubungkan modul satu dengan lainnya dengan penghubung yang identik.

Design Structure Matrix (DSM)

DSM merupakan suatu alat yang berguna untuk menggambarkan dan menganalisis ketergantungan antar tugas dari tiap komponen (Ulrich, 1995). Pada *Architecture DSM*, daftar komponen – komponen diletakkan pada baris dan kolom yang berhubungan dengan urutan

baris dan kolom yang sama. Dengan membaca mendatar pada baris, dapat dilihat akan komponen tersebut berkaitan erat dengan komponen apa saja yang dapat dilihat pada cell baris kolom tersebut. Untuk contoh DSM dapat dilihat pada gambar 3 dan 4.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
Radiator	A	2														
Engine Fan	2	B			2											
Heater Core			C													
Heater Hoses				D												2
Condenser		2			E	2		2								
Compressor				2	F		2	2								
Evaporator Case							G									2
Evaporator Core				2	2			H	2							2
Accumulator						2			I							
Refrigeration Controls										J						
Air Controls											K					
Sensors												L				
Command Distribution													M			
Actuators														N		
Blower Controller															O	2
Blower Motor			2			2	2								2	P

Gambar 3. Matriks DSM Awal (Pimmler,1994)

	D	J	K	L	M	N	A	B	E	F	I	H	C	P	O	G
Heater Hoses	D															
Refrigeration Controls		J														
Air Controls			K													
Sensors				L												
Command Distribution					M											
Actuators						N										
Radiator							A	2								
Engine Fan							2	B	2							
Condenser							2		E	2	2					
Compressor							2		F	2	2					
Accumulator							2			I	2					
Evaporator Core							2	2	2		H	2				
Heater Core												G	2			
Blower Motor											2	2	P	2	2	
Blower Controller														2	O	
Evaporator Case														2		I

Gambar 4. Matriks DSM Akhir (Pimmler,1994)

III. METODE PENELITIAN

Dasar Penelitian

Untuk melihat keterkaitan antar komponen menggunakan *Design Structure Matrix* (DSM). DSM ini juga dapat mendefinisikan modul – modul yang terdapat pada produk tersebut (Ulrich, 1995). Dengan hasil rancangan dari DSM tersebut, dapat dilihat ukuran relasi dari tiap part atau komponen yang dapat dikelompokkan dalam suatu modul, sehingga desain produk nantinya akan mengacu pada tiap modul tersebut untuk digabungkan menjadi sebuah produk yang berbasis modular. Sesudah terbentuk modul, kemudian dirancanglah desain kipas angin.

Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan berupa data kipas angin stand fan existing menggunakan *Cosmos – SNQ Twino Fan*, data kuesioner penelitian,

serta urutan prioritas variabel hasil dari *green QFD* penelitian Jonathan, Hans.

Pengolahan Data

Dari data yang telah terkumpul, selanjutnya untuk membuat desain kipas angin yang modular menggunakan langkah – langkah sebagai berikut. (Ulrich, 1995)

1. Pengklasifikasian Komponen dan fitur yang dibutuhkan oleh tiap alternatif desain.
2. Pengelompokan Komponen Menjadi Modul-modul dengan DSM.
3. Perancangan desain pada tiap modul dan komponen tiap alternatif.
4. Identifikasi interaksi antar modul.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Kuesioner dan *Green QFD* (Jonathan, 2014)

- Dari hasil kuesioner banyak responden yang menyebutkan kerusakan utama kipas pada dinamonya, dan banyak yang merasa kesusahan ketika memperbaikinya atau merawatnya.
- Responden menyukai dengan adanya fitur multifungsi pada kipas, diantaranya obat nyamuk, lampu emergency, pengharum ruangan, dan powerbank.
- Prioritas utama yang didapat dari Green QFD adalah awet, hemat energi, tidak berisik, mudah diperbaiki.

Dengan Membuat 3 alternatif desain, yaitu kipas angin didesain modular saja (alternatif 1), kipas angin didesain multifungsi saja (alternatif 2) dan kipas angin didesain modular dan multifungsi (alternatif 3) untuk melihat bagaimana peran konsep modularity dan multifungsi dalam mereduksi limbah.

Alternatif 1

Dengan menyusun konsep pada alternatif 1 tentang desain modular saja, berikut tabel hasil DSM Alternatif 1(DSM hanya pada komponen yang ada pada kepala kipas saja, karena bagian yang rawan rusak ada pada kepala kipas. Untuk bentuk dan letak komponen pendukung

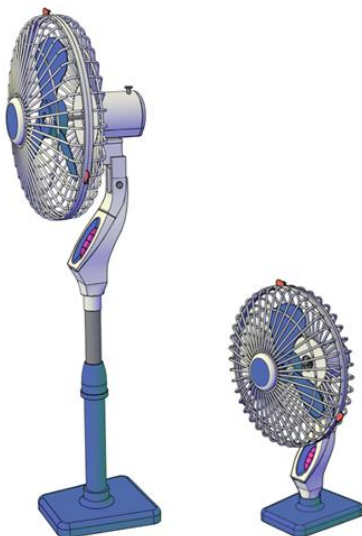
lainnya menyesuaikan. Gambar 5 merupakan hasil DSM Alternatif 1.

	3	4	16	15	14	12	17	13	11	10	9	8	7	5	6	2	1
3 baling - baling		x	x														
4 kunci baling		x	x														
16 As Motor		x	x					x		x							
15 Rotor				x	x	x	x	x									
14 kern (Plat besi)				x	x	x	x	x									
12 kumparan				x	x	x		x									
17 Basy								x									
13 rumah motor			x	x	x	x	x		x	x		x	x				
11 penyangga motor								x	x	x							
10 gear motor			x					x	x	x							
9 slot putar kipas								x	x	x							
8 rumah dinamo								x	x	x		x	x				
7 cover dinamo								x				x	x	x			
5 kunci cover dinamo												x	x	x			
6 tutup kipas belakang												x	x	x			
2 tutup kipas depan															x	x	
1 Guard Mark																x	x

Gambar 5. DSM Alternatif 1

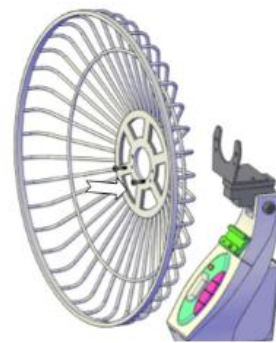
Dari hasil olahan DSM tersebut, dapat dilihat bahwa terbentuk 5 modul dari komponen – komponen pada kepala kipas. Maka dengan langkah selanjutnya adalah mendesain tiap – tiap komponen dan modulnya untuk melihat bagaimana tiap – tiap modul tersebut. Masih memungkinkan apabila dalam langkah mendesain ini terjadi revisi dari rancangan modul yang terbentuk dari DSM tersebut.

Setelah mendesain tiap modul dan komponen, selanjutnya mengidentifikasi interaksi antar modul yang memungkinkan dan mudah untuk dibongkar kembali (modular). Kemudian desain produk secara keseluruhan terbentuk. Berikut desain kipas alternatif 1, pada Gambar 6.



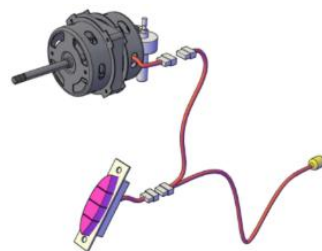
Gambar 6. Desain Alternatif 1

Dengan mendesain modular terlebih pada bagian dinamo akan memudahkan pemakai dalam merawat dan memperbaiki kipas angin, karena selama ini bagian dinamo kipas angin langsung terhubung kabel ke tombol speed kips dan kabel ke pusat listrik. Dinamo pun juga berfungsi sebagai rangka utama pada bagian kepala kipas, sehingga sangatlah susah bagi pemakai untuk melepas dinamo tersebut dari rangka kipas untuk dilakukan perawatan. Untuk itu, dengan desain alternatif 1 ini dibuat desain interface yang menghubungkan dinamo dengan kepala kipas dan interface dari dinamo dengan rangkaian elektronik. Dengan mereduksi cover dinamo dan kunci dinamo, namun menambah 1 komponen baru yang berfungsi sebagai rangka penyangga dinamo dari besi, sehingga dinamo dapat dilepas dengan mudah dari kipas angin, dapat dilihat pada gambar 7.



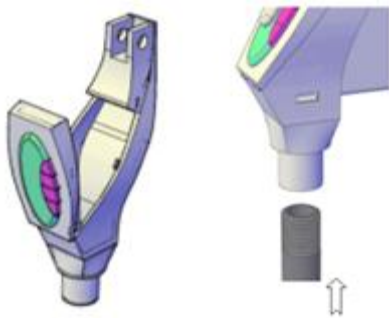
Gambar 7. Sistem Penyangga Dinamo

Untuk interface dinamo dengan rangkaian elektronik dan sumber listrik menggunakan kabel konektor, sehingga memudahkan untuk melepas dinamo tersebut. Gambar 8 merupakan desain dinamo beserta kabel konektor.



Gambar 8. Interface Pada Dinamo

Pada Bagian badan kipas juga dapat dilepas covernya dengan mudah, menggunakan sistem plug in, sehingga dapat dengan mudah membuka badan kipas untuk membersihkan, merawat atau memperbaikinya. Bagian besi penyangga kipas diberi ulir yang berhubungan dengan badan kipas, sehingga mampu mereduksi kunci pengencang pada badan kipas. Gambar 9 merupakan desain badan kipas dan desain ulir pada besi tiang penyangga.



Gambar 9. Badan Kipas dan Ulir Tiang

Alternatif 2

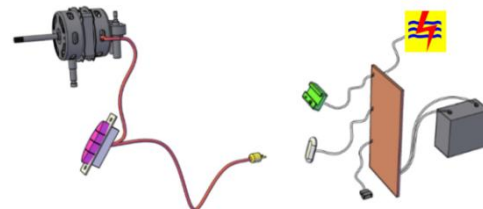
Pada Alternatif 2 ini kipas angin didesain dengan tambahan fitur multifungsi berupa lampu emergency, powerbank, obat nyamuk elektrik dan pewangi ruangan. Dengan adasistem aki atau baterai penyimpan akan berguna apabila terjadi padam listrik, sehingga kipas angin dan fitur multifungsinya akan tetap dapat dinyalakan. Untuk alternatif 2 ini karena tidak didesain menggunakan konsep modular, maka proses mendesain tanpa menggunakan DSM, karena tidak perlu dipikirkan hubungan antar modul yang optimal.

Untuk desain secara keseluruhan tidak modular, sehingga interface hampir sama dengan kipas angin existing, namun diberi konsep fitur multifungsi. Gambar 10 merupakan desain alternatif 2.



Gambar 10. Desain Alternatif 2

Instalasi kelistrikan sama dengan dinamo sistem pada dinamo kipas angin existing, dan untuk fitur multifungsi ini, rangkaian elektronik langsung dihubungkan dengan kabel yang disolder langsung pada PCB, sehingga pada alternatif 2 ini bentuk produknya cenderung terintegrasi dan sukar untuk dibongkar. Gambar 11 merupakan gambar interface pada dinamo dan fitur multifungsi.



Gambar 11. Interface Alternatif 2

Alternatif 3

Pada Alternatif ketiga ini kipas angin didesain secara modular dan memiliki fitur multifungsi seperti pada alternatif 2. Untuk matriks DSM alternatif 3 ini peneliti membuat menjadi 2 matriks, yaitu matriks penyusun komponen kepala kipas dan matriks penyusun sistem kerja instalasi kipas angin tersebut. Gambar 12 merupakan DSM Matriks 1 dan gambar 13 merupakan DSM Matriks 2.

	3	4	16	15	14	12	17	13	11	10	9	8	7	5	6	2	1
3 baling - baling		x	x														
4 kunci baling	x		x														
16 As Motor	x	x						x		x							
15 Rotor		x	x	x	x	x		x									
14 kern (Plat besi)			x	x				x									
12 kumparan			x	x				x									
17 Bopy							x										
13 rumah motor		x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x				
11 penyangga motor								x	x	x	x	x					
10 gear motor			x					x	x	x	x	x					
9 slot putar kipas								x	x	x	x	x					
8 rumah dinamo								x	x	x	x	x	x	x			
7 cover dinamo								x					x	x	x		
5 kunci cover dinamo													x	x	x	x	
6 tutup kipas belakang													x	x	x	x	
2 tutup kipas depan																x	x
1 kantong pewangi																x	x

Gambar 12. DSM Matriks 1 Alt. 3

	2	3	4	9	7	6	8	1	5
2 lampu led									
3 obat nyamuk elektrik									
4 slot charger hp									
9 modul baling - baling									
7 modul dinamo					x				
6 rangkaian elektronik	x	x	x		x				
8 modul rumah dinamo					x				
1 aki penyimpan daya							x		
5 tombol speed							x		

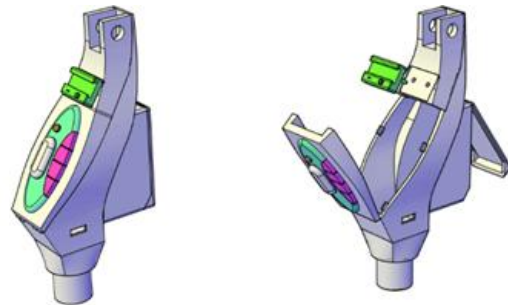
Gambar 13. DSM Matriks 2 Alt. 3

Dari DSM Sistem kerja kipas angin tersebut ketika diterjemahkan adalah:

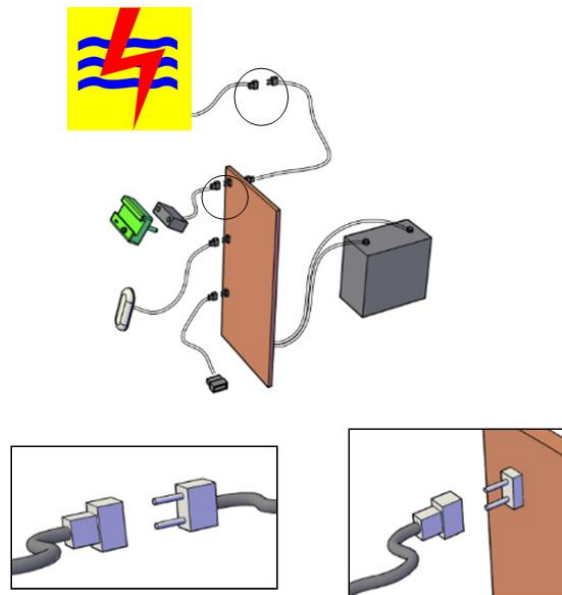
- ✓ Lampu Led, Obat Nyamuk elektrik, serta slot charger hp perlu didekatkan dengan sambungan komponen elektronik untuk menerima arus listrik.
- ✓ Perlu dibuat interface yang lebih menyoroti pada bagian rangkaian elektronik, modul rumah dinamo, serta modul dinamo. Pada bagian ini berisikan kumpulan modul yang penting dan berisikan komponen utama penggerak kipas, yaitu dinamo. Untuk mendukung fungsi *modularity* pada bagian permesinan ini maka perlu dipikirkan secara lebih untuk mengatur interface antara ketiga komponen ini, sehingga lebih mudah untuk dibongkar sendiri.
- ✓ Aki Penyimpan daya beserta tombol speed kipas harus dihubungkan dengan rangkaian elektronik karena keduanya dapat berfungsi jika tersambung dengan rangkaian elektronik tersebut.

Setelah dilakukan tahap desain dan perancangan interface, untuk bagian dinamo sama seperti alternatif 1 dengan sistem connecting dinamo dengan rangkaian elektronik dan sumber listrik. Untuk bagian dinamo dengan rumah dinamo sama seperti alternatif 1 dengan membuat rangka penyangga pada dinamo sehingga dinamo

dapat dengan mudah dilepas. Pada bagian fitur multifungsi yang berhubungan dengan rangkaian elektronik beserta dengan aki diletakkan di badan kipas semua, namun dengan konsep modular, sehingga dapat dengan mudah dilepas. Sistem instalasi kabel pada multifungsi dengan rangkaian elektronik menggunakan kabel konektor juga, sehingga memudahkan untuk melepaskannya. Gambar 14 merupakan gambar bagian badan kipas dan gambar 15 merupakan instalasinya.

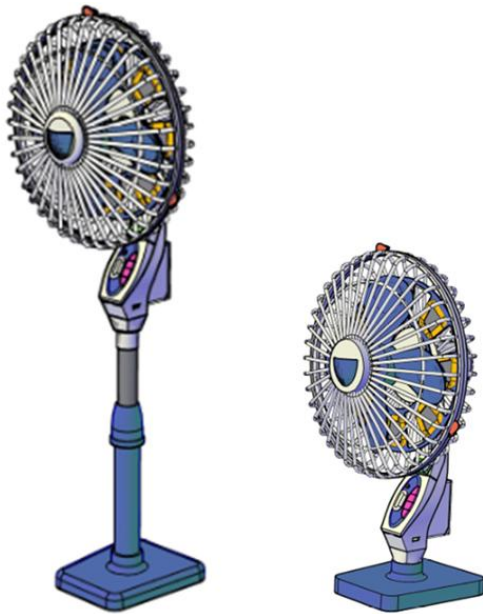


Gambar 14. Badan Kipas Alt.3



Gambar 15. Interface Multifungsi Alt.3

Gambar 16 merupakan gambar desain keseluruhan alternatif 3.



Gambar 16. Desain Alternatif 3

V. KESIMPULAN

Dengan konsep modular, pada alternatif 1 mampu mereduksi potensi limbah disposasi dari keseluruhan kipas angin menjadi lilitan tembaga pada dinamo saja. Dengan konsep multifungsi saja tidak mereduksi limbah disposasi, namun hanya menambah potensi limbah dari satuan kipas hingga ditambah dengan fitur multifungsi. Dengan gabungan konsep modular dan multifungsi mampu mereduksi potensi limbah disposasi dari keseluruhan produk kipas angin dan fitur multifungsi menjadi lilitan dinamo, lampu LED, serta obat nyamuk elektrik saja. Alternatif desain ketiga merupakan desain terpilih berdasarkan tema “*Sustainable Product Design* di Industri Elektronik” karena mampu mereduksi potensi limbah dan mempunyai nilai lebih pada fitur multifungsi yang digunakan. Dengan konsep modular terbukti mampu mereduksi potensi limbah, karena produk mudah dalam perawatan.

DAFTAR PUSTAKA

Olowu, Dejo.2012. *Law, Environment and Development Journal*. North-West University, Mafikeng, South Africa
Munir, 2012. Perancangan dan Pengembangan Produk Kipas Angin Multi Fungsi dengan Pendekatan QFD guna Memenuhi

Kepuasan Konsumen. *Jurnal Cyber Technology* Vol 05 No 02, April 2011.

Nurchayanie, YD & Singih, L. Moses.2009. *Product Design Development For Modular Computer Table to Support Green Lifecycle Engineering*. 2nd Asia Pacific Conference on Manufacturing System, 4-5 November 2009, Yogyakarta, Indonesia.

AlGeddawy, T. 2013. *Reactive design methodology for product family platforms, modularity and parts integration*. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*. Volume 6, Issue 1, 2013

Newcomb, Bras & Rosen.1996. *Implication of Modularity on Product Design for The Life Cycle*. *Proceeding of The 1996 ASME Design Engineering Technical Conference and Computers in Engineering Conference*, August 18 – 22, 1996, Irvine, California.

Shah, dkk.1996. *Research Opportunities in Engineering Design*, NSF Strategic Planning Workshop Final Report

Ulrich, K.T., Eppinger, D. 1995. *Product Design and Development 2nd Edition*. McGraw-Hill Company

Ramani, Karthik, dkk.2010. *Integrated Sustainable Life Cycle Design: A Review*.

Anityasari, Maria.2008. *Inserting the Concept of Sustainable Manufacturing into Industrial Engineering Curriculum – A Framework of Thoughts*. *Proceedings of the 9th Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference*

Cabigiosu, Anna, dkk .2012. *Modularity, interfaces definition and the integration of external sources of innovation in the automotive industry*

Pimmler, T.U., Eppinger, S. D. 1994. *Integration Analysis of Product Decompositions*